

# RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO

Atendiendo a los conocimientos actuales sobre las fases del desarrollo de los cultivos y sus requerimientos hídricos relativos, y aprovechando las ventajas que ofrece la tecnología del riego localizado, se está trabajando en la actualidad en las posibilidades de ajustar los aportes de agua de riego a los cultivos a sus estrictas necesidades, ahorrando así el exceso y evitando un consumo consuntivo.

Una aplicación aún más necesaria de estos conocimientos se da en las regiones subhúmedas y subáridas, donde se produce una limitación de precipitaciones y la irregularidad de las mismas.

Es por la necesidad de administrar lo más eficazmente posible el agua de riego disponible por lo que se ha llegado a la técnica de programación de riego denominada "riego deficitario controlado".

Esta técnica de programación del riego se fundamenta en que la incidencia de un período de déficit hídrico en la merma de la producción no es la misma, según se produzca en una u otra fase del desarrollo del cultivo.

La programación en riego deficitario controlado consiste en distribuir una dotación deficitaria de riego a lo largo del ciclo de cultivo, en sus distintas fases de desarrollo y en función de las exigencias fisiológicas de cada fase, y de su incidencia en el rendimiento comercial.

Así, por ejemplo, en un cultivo de papas, si sobrevienen unos días

**Juan Cárdenes Morales**  
Ingeniero Técnico Agrícola

de sequía en el momento en que la planta de la papa comienza a formar los tubérculos, la merma de producción final del cultivo puede llegar a ser de hasta el 80 % de la producción que se hubiera obtenido de no haber sucedido el episodio de sequía en aquel momento. Sin embargo, si ese mismo período de días de sequía hubiera tenido lugar en la fase previa de desarrollo vegetativo de la planta, la merma sería como máximo el 45 % de la producción máxima en óptimas condiciones.

**Restricción del riego en el cultivo de la papa.** Aún siendo la papa un cultivo que requiere en todo su ciclo un elevado contenido de agua en el terreno, se podrán restringir los riegos en el período hasta los 30 a 40 días de plantación, es decir, hacia el momento del inicio de crecimiento de los tubérculos, incrementando a partir de este momento la cantidad de riego durante el período de crecimiento del tubérculo. Una vez alcanzado un tamaño mínimo

se podrán volver a restringir los riegos hasta su restricción total los últimos 10 a 15 días de fase de maduración de la cosecha.

En el **cultivo del tomate** se podrá hacer restricción del riego durante la fase de desarrollo vegetativo de la planta, hasta el momento de la formación del primer racimo de flores. A partir de ese momento y durante el resto de período de producción, hay que mantener un buen nivel de humedad en el suelo. Al final del ciclo de producción comercial se podrá restringir el riego a partir del momento en que los últimos racimos paren de crecer y comiencen la maduración, suprimiendo el riego a 15 días de la última recolección.

En el **cultivo de la judía** se pueden dar riegos restringidos durante la fase de desarrollo vegetativo hasta el momento de la primera floración. Si el cultivo es para producción de grano seco también se podrá restringir el riego durante la fase de maduración de la vaina, los últimos 20 a 25 días de cultivo.

En el **cultivo de maíz** los riegos se pueden restringir en el período de desarrollo vegetativo inicial, una vez arraigada la planta y hasta el momento en que ya son visibles de 8 a 10 hojas, en que la planta nos alcanza la altura de la rodilla. A partir de este momento, hacia los 30 a 40 días de la plantación, se inician la formación de la panoja (penacho) y de la espiga (piña o mazorca), se acelera el crecimiento de la planta y es necesario incrementar progresivamente el riego manteniendo siempre un nivel

alto de humedad del suelo. Como se sabe, la fase más crítica para la producción vá desde los días previos al despliegue del penacho hasta la aparición y elongación de las sedas de la mazorca. Alcanzado el período de maduración del grano se podrá cortar el riego hacia los 15 a 10 días antes de cosechar.

En el **cultivo de coles** se pueden restringir los riegos durante toda la fase de desarrollo de hojas, hasta el momento en que el ritmo de formación de hojas se acelera y comienza el arpillamiento o la formación de cogollos.

A partir de este momento el rendimiento estará en función de una buena disponibilidad de agua y los riegos se deben incrementar de forma progresiva.

En el **cultivo de la cebolla**, una vez superada la fase de arraigo (unos 30 días desde la siembra si es el caso), se puede restringir el riego en la fase de desarrollo vegetativo, unos 30 días, hasta el inicio de crecimiento rápido del bulbo. Sin embargo, para obtener un alto rendimiento de buena calidad el cultivo necesita un suministro de agua controlado y frecuente durante todo el período vegetativo. También se podrá restringir el agua en el período de maduración pudiéndose suspender el riego de 15 a 25 días antes de la recolección.

En el **cultivo del naranjo** en nuestro clima carente de período frío, es recomendable provocar un período de dos meses, diciembre y enero, de ralentización vegetativa mediante la restricción del riego a unos 300 m<sup>3</sup> por fanegada y mes, que inducirá una buena floración de primavera. Conforme las temperaturas vayan aumentando el ritmo de crecimiento vegetativo será necesario ir incrementando el riego. No conviene tampoco un riego demasiado generoso que produzca un crecimiento muy exuberante, ya que irá en detrimento de la calidad de la fruta. Lo contrario, un déficit de riego producirá excesiva floración y alternancia de años de mucho fruto con años sin producción.

Como siempre, los períodos entre las floraciones o de impulsos de nueva savia (abril-mayo, agosto, octubre-noviembre) y el crecimiento inicial del fruto son los más críticos y hay que suministrar agua y nutrientes, sobre todo nitrógeno. Si se produjera sequía en estas fases, se darán fuertes caídas de fruto en junio y diciembre. Restricciones moderadas del riego después de julio y enero (períodos de formación y maduración de frutos) pueden ser convenientes para mejorar la calidad de la naranja. La producción de otoño es menos sensible a la restricción del riego.

En el **cultivo de la vid** la restricción del agua hacia el final del verano y durante el otoño, aún con insolación y temperaturas elevadas como en nuestro clima, es favorable para la formación de las yemas florales que producirán los racimos del año siguiente. Para lograr una producción regular de cosecha todos los años, es importante no restringir el riego durante la fase de inicio del período vegetativo y promover el desarrollo rápido de los brotes laterales.

El período más crítico va desde los días previos a la floración hasta el cuajado y crecimiento de los granos. Conforme el racimo evoluciona hacia la maduración se vá haciendo más tolerante a la restricción del agua. Una vez iniciada la maduración, la restricción del agua produce el anticipo de la cosecha. El suministro de agua después de la recolección debe ser suficiente para mantener el follaje sano y evitar la caída prematura de las hojas.

A continuación pasamos a exponer un supuesto práctico.

#### Ejemplo de cálculo en el cultivo de la papa

La merma que se produce en la producción por efecto de la limitación en el suministro de agua al cultivo se cuantifica mediante un cálculo que determina la disminución de rendimiento relativo ( $1 - \text{Preal} / \text{Ppotencial}$ ) en función del déficit de evapotranspiración relativa ( $1 - \text{ETR} / \text{ETP}$ ), es decir de la limitación que ha sufrido el cultivo en disponibilidad de agua para su desarrollo potencial. Esta relación es variable para cada fase del desarrollo del cultivo, y su valor es el coeficiente  $K_y$ . Cuanto mayor sea el valor de  $K_y$  mayor será el efecto de la falta de agua en la producción final.

Los valores de  $K_y$  se estima que son válidos para déficits de agua de hasta el 50% aproximadamente de las necesidades reales. Para déficits mayores, el modelo de estimación de la merma de producción ya no es el de la relación lineal:

$$\text{merma de producción} = K_y \times \text{déficit hídrico}$$

Ejemplo de cálculo de programación del riego de la papa en condiciones de **riego deficitario controlado**: En este caso, los ahorros de agua convendrá hacerlos en las fases FII-(a) y en la fase FIV, es decir durante el desarrollo vegetativo inicial y hacia el final del ciclo de cultivo, en la fase de maduración del tubérculo.

Fases del cultivo	Cultivo: papa	Comarca: Arucas	Días	ETo	kc	ETP	Nh (mm)	m <sup>3</sup> /fan
	Ciclo: Feb - Jun		Riego de preplantación				25	140
FI	Fase de establecimiento		20	40	0,45	18	25	140
FII-(a)	Des. veget. - estolonización		15	40	0,75	30	42	230
FII-(b)	Estolon. - inicio tuberización		15	55	0,75	40	56	310
FIII	Desarrollo de tuberización		45	172	1,15	198	277	1.520
FIV	Maduración		15	63	0,85	54	75	410
	Totales ( kc = Med. pond.)		110	370	(0,9)	340	500	2.750

En la tabla aparecen los siguientes términos: Días de duración de la fase; ETo es la evapotranspiración de referencia (la que produce una pradera de gramíneas); kc es el coeficiente de necesidades hídricas del cultivo respecto a la del cultivo de referencia (pradera de gramíneas); ETP (evapotranspiración potencial) es el consumo de agua del cultivo en condiciones óptimas; Nh es la dotación de riego resultante que hay que suministrar para satisfacer las necesidades de consumo del cultivo, y que resulta de considerar un gasto suplementario en razón de las pérdidas por percolación y/o necesidades de lavado y por la inevitable falta de uniformidad del riego (por razones del terreno, del diseño de la instalación, etc) o grado de eficiencia del sistema de riego.

En el supuesto de que de los 2.750 m<sup>3</sup>/fan necesarios para una producción máxima, sólo pudiéramos disponer de 2.200 m<sup>3</sup>/fan ( el 80% del agua necesaria), detraeríamos los 550 m<sup>3</sup> ponderando en función de Ky como se calcula a continuación:

De la dotación de la fase FIV detraeríamos:

$$550 \text{ m}^3 \times ( 0,45/0,65 ) = 380 \text{ m}^3$$

y el resto, 170 m<sup>3</sup> lo detraeríamos de la fase FII-(a) como se detalla en la tabla.

Cultivo: papa Comarca: Arucas Ciclo: Feb - Jun	Indice de merma de producción Ky	Necesidades hídricas (m <sup>3</sup> /fan)	Dotación en programación en R.D.C. (m <sup>3</sup> /fan)
RIEGO DE PREPLANTACIÓN		140	140
FI	1,1	140	140
FII-(A)	0,45	230	60
FII-(B)	0,8	310	310
FIII	0,7	1.520	1.520
FIV	0,2	410	30
TOTAL		2.750	2.200

Podemos hacer la estimación de que con esta programación, la merma que se producirá en la producción, en relación a la que obtendríamos suministrando toda el agua que consumiría el cultivo en condiciones óptimas será de:

$$( 1 - \text{Preal} / \text{Ppotencial} ) = \text{Ky} \times ( 1 - \text{Q}_{\text{RDC}} / \text{Nh} )$$

$$= 0,32 \times ( 1 - 2.200 / 2.760 ) = 0,07$$

de donde

$$( \text{Preal} / \text{Ppotencial} ) = 1 - 0,07 = 0,93$$

Es decir, la merma esperada será en todo caso inferior al 10 % puesto que el valor de Ky aplicado es el resultante del efecto ponderado para las dos fases de restricción, en los períodos menos críticos o de mayor resistencia del cultivo.

Estos resultados se han constatado en una primera experiencia realizada en el año 1998 en la Granja Agrícola con el cultivo de la papa, año que fué además atípicamente seco y cálido en toda Gran Canaria. En dicha experiencia, con una restricción del 18% del riego respecto a la dotación óptima, se obtuvo apenas un 5,6% (26.940 kg/fan) de merma en la producción respecto a la máxima obtenida (28.100 kg/fan). La merma que se hubiera producido aplicando restricción de agua a todas las fases en la misma proporción hubiera sido del orden del 22% (21.900 kg/fan). Luego con la aplicación de la programación en riego deficitario controlado, logramos evitar una merma de cosecha del orden del 16% de la producción potencial.

En la tabla siguiente damos unos valores indicativos del consumo hídrico de distintos cultivos en su ciclo normal, más favorable, de desarrollo (cultivo estacional). Un milímetro, mm, equivale a 10 m<sup>3</sup> por hectárea o a 5,55 m<sup>3</sup> por fanegada. Por ejemplo, en el caso de la papa, la dotación de riego mínima sería de ...

$$350 \text{ mm} \times 5,55 = 1.940 \text{ m}^3/\text{fan}.$$

**Variaciones aproximadas de la ETP del cultivo estacional en mm en razón de la variabilidad de los factores del medio de cultivo.**

CULTIVO	Nh (mm)	Nh (m3/fan)
Alfalfa	600 – 1500	3.350 – 8.350
Judías	250 – 400	1.400 – 2.220
Cereales de secano	300 – 450	1.670 – 2.500
Cebolla	350 – 600	1.940 – 3.330
Maíz	400 – 700	2.220 – 3.890
Naranja	600 – 950	3.330 – 5.280
Papa	350 – 625	1.940 – 3.470
Sorgo	300 – 650	1.670 – 3.610
Tomate	300 – 600	1.670 – 3.330
Hortalizas	250 – 500	1.390 – 2.780
Viña	450 – 900	2.500 – 5.000

En general, las fases por las que transcurre el desarrollo de los cultivos se diferencian en cinco:

- F-0 ..... Fase de establecimiento o de arraigo de la siembra o plantación.
- F-I ..... Período vegetativo.
- F-II ..... Período de floración.
- F-III .... Período de formación de la cosecha.
- F-IV .... Período de maduración.

A continuación se dan los **coeficientes Ky** para las distintas fases de los diferentes cultivos.

Fases del ciclo	Cereales invierno	Cebollas	Coles y coliflores	Judías	Maíz	Papa	Sorgo	Tomate
F-0	1,05	1,1	0,95	1,15	1,25	1,1	0,9	1,05
F-I	0,2	0,45	0,2	0,2	0,4	0,45	0,2	0,4
F-II	0,6	0,45	0,2	1,1	1,5	0,8	0,55	1,1
F-III	0,5	0,8	0,45	0,75	0,5	0,7	0,45	0,8
F-IV	0,2	0,3	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4

En la siguiente tabla damos la duración media en **días** y el coeficiente de cultivo **kc**, de las distintas fases del desarrollo de los cultivos en los que se puede realizar regadío en condiciones de limitación de agua.

	Siembra / plantación	Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV	Total ciclo
		días				
		kc				
Cereales de invierno	Oct - Nov	20	25	60	30	120
		0,35	0,75	1,15	0,45	
Cebollas	Sep - Nov	20	35	110	45	210
		0,50	0,75	1,05	0,85	
Cebollas	Feb - Mzo	15	25	70	40	150
Coles, coliflores	Sep - Oct	30	35	90	40	195
		0,45	0,75	1,05	0,90	
Coles, coliflores	Feb - Mzo	25	35	25	10	95
Coles, coliflores	Jul - Ago	20	30	20	10	80

	Siembra / plantación	Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV	Total ciclo
		días kc				
<b>Judías verdes</b>	Feb - Mzo	20	30	30	10	90
		0,35	0,70	1,10	0,90	
<b>Judías secas</b>	Abr - Myo	20	30	40	20	110
		0,35	0,70	1,10	0,30	
<b>Maíz dulce</b>	Myo - Jun	20	25	25	10	80
		0,40	0,80	1,15	1,0	
<b>Maíz grano</b>	Myo - Jun	20	35	40	30	125
		0,40	0,80	1,15	0,70	
<b>Papa</b>	Oct - Dic	25	30	30	20	105
		0,45	0,75	1,15	0,85	
<b>Papa</b>	Ene - Feb	25	30	45	30	130
<b>Sorgo</b>	Myo - Jun	20	35	40	30	125
		0,35	0,75	1,10	0,65	
<b>Tomate</b>	Ago - Sep	30	40	40	25	135
		0,45	0,75	1,15	0,80	
<b>Tomate</b>	Abr - Myo	30	40	45	30	145

A continuación exponemos en la siguiente tabla una estimación de la evapotranspiración potencial de referencia ETo (mm/mes) estimada por el método de cálculo en base a la radiación solar de cada zona. En los años 1996 a 1998 hemos constatado, en base a las medidas de evaporación del tanque evaporímetro, que la estimación de la ETo por el método de cálculo basado en la radiación solar dá la mayor aproximación a la ETo real en nuestras condiciones de clima xérico. Por lo que hemos aplicado el coeficiente de mayoración de 1,33 a los valores existentes para otras estaciones de nuestra provincia que fueron calculados mediante la fórmula de Thornthwaite.

Zona	Ene	Feb	Mzo	Abr	Myo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>Arucas</b>	59	56	74	81	104	118	140	146	129	109	80	60	1.160
<b>San Mateo</b>	39	37	61	61	92	110	138	152	120	82	55	36	980
<b>Telde</b>	64	61	77	85	108	120	141	146	132	116	85	67	1.200
<b>Arrecife</b>	60	60	79	89	112	127	158	165	144	119	87	66	1.270
<b>Los Estancos</b>	56	56	74	84	106	118	154	156	130	112	80	61	1.190